

モモ果実の光合成による $^{14}\text{CO}_2$ の取り込みについて

石田 雅士・稲葉 昭次*・傍島 善次

MASASHI ISHIDA, AKITSUGU INABA and YOSHITSUGU SOBAJIMA

^{14}C -Photosynthesis of peach fruits themselves in relation to developmental stage

要旨：1) 果実の発育に伴う糖および有機酸の変化が、基本的には、果実自身の代謝反応に依存するかどうかを調べるために、 $^{14}\text{CO}_2$ を用いて果実そのものの光合成を調べたところ、各生育時期とも糖区分に最も多くラベルされており、しかも生育後期になるにしたがって糖区分でのシュクロースの占める割合が増加した。

2) 果実の光合成物質の生育に伴う果実内変化は、生育の時期により異なり、とくに生育第2期ではシュクロースのラベルが増加し、グルコースおよびフルクトースが減少する傾向を示した。このことから、果実のシュクロース含量が増加する内的変化は、すでに第2期に生じているものと考えられ興味ある点であった。

3) 採取果は着生果に比べて、いずれの時期でもシュクロースに多くラベルされており、果実を取って4時間も経過すると、果実内に相当の生理的变化が起こっているものと予想された。

緒 言

一般的にモモ果実の発育は、葉で光合成された同化物質の果実への転流に依存している。しかしながら、この場合、果実への転流物質の量的な相違および転流形態の相違が、果実内同化物質の変化に影響をあたえることが考えられる。そこで果実の発育に伴う糖および有機酸の変化が、基本的には果実自身の代謝反応に依存するかどうかを調べるために、果実そのものの光合成を調べ、とくに成熟過程における果実にシュクロースの集積される起因が、果実内での代謝変化に基づいているかどうかについて、検討するため実験を行なった。

材料および方法

モモ大久保果実を供試して、果実の生育第1期（5月25日）、第2期（6月23日）および第3期（7月14日）、の計3回、果実だけに $^{14}\text{CO}_2$ (400 μCi) を3時間（10:30 A.M.～1:30 P.M.）同化させ、2:00 P.M. より翌日10:00 A.M. まで、枝に着生している果実（着生果）と

2:00 P.M. に枝より取って室内に置いた果実（採集果）について、果実内光合成物質の変化を経時的に調べるため、ガスフローカウンターで c.p.m. を測定し比較検討した。なお抽出は、熱80%エタノールで行ない、抽出液は比放射能を測定後、エタノールを蒸発させ、IR120H⁺ 型と IRA CO₃⁻ 型イオン交換樹脂でカチオン、アニオンおよび中性区分に分け、糖、有機酸およびアミノ酸区分として、c.p.m. を計測した。各種の糖および有機酸については、ペーパークロマトグラフィーで分離することにより調べた。

結 果

アルコール可溶性区分を第1表に示した。すなわち枝から果実を取ると、着生果に比較して、生育第1期と2期では放射能活性が多く、しかも経時的に増加した。これらは果実内で多糖類が分解して可溶性物質に変わったものと推定された。ところが第3期では、これらの傾向が認められなかった。

次にアルコール可溶性区分を、糖、有機酸およびアミノ酸区分に分けた結果は第2表、第3表および第4

京都府立大学農学部果樹園芸学研究室

Laboratory of Pomology, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

* 現在岡山大学農学部

昭和57年7月10日受理

Table 1. Distribution of recoverable radioactivity in alcohol soluble substances after exposure of fruit to $^{14}\text{CO}_2$.
($\times 10^3$ c.p.m)

| | | Stage I | Stage II | Stage III |
|---------|----------------|---------|----------|-----------|
| 2 P.M. | Attached fruit | 254 | 2042 | 2750 |
| 6 P.M. | Attached fruit | 409 | 1258 | 1608 |
| 6 P.M. | Detached fruit | 1248 | 1611 | 1436 |
| 10 A.M. | Attached fruit | 405 | 1924 | 3193 |
| 10 A.M. | Detached fruit | 3253 | 2072 | 2964 |

Table 2. Distribution of labelled ^{14}C -sugars in the fruit after assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ to the fruit among three stages of development fruit.
($\times 10^3$ c.p.m)

| | Stage I | | Stage II | | Stage III | |
|------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances |
| 2 P.M. Attached fruit | 154 | 60% | 1314 | 64% | 2246 | 89% |
| 6 P.M. Attached fruit | 261 | 64 | 899 | 71 | 1489 | 93 |
| 6 P.M. Detached fruit | 908 | 73 | 1105 | 69 | 1316 | 92 |
| 10 A.M. Attached fruit | 269 | 66 | 1523 | 57 | 3032 | 95 |
| 10 A.M. Detached fruit | 2115 | 67 | 1672 | 80 | 2845 | 96 |

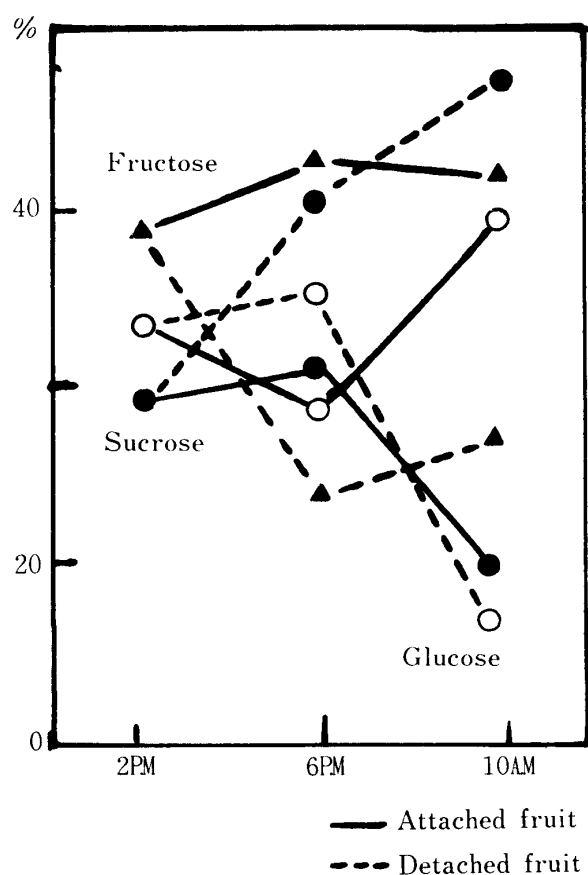


Fig. 1. Changes in percentage of radioactive sugars in fruits of stage I.

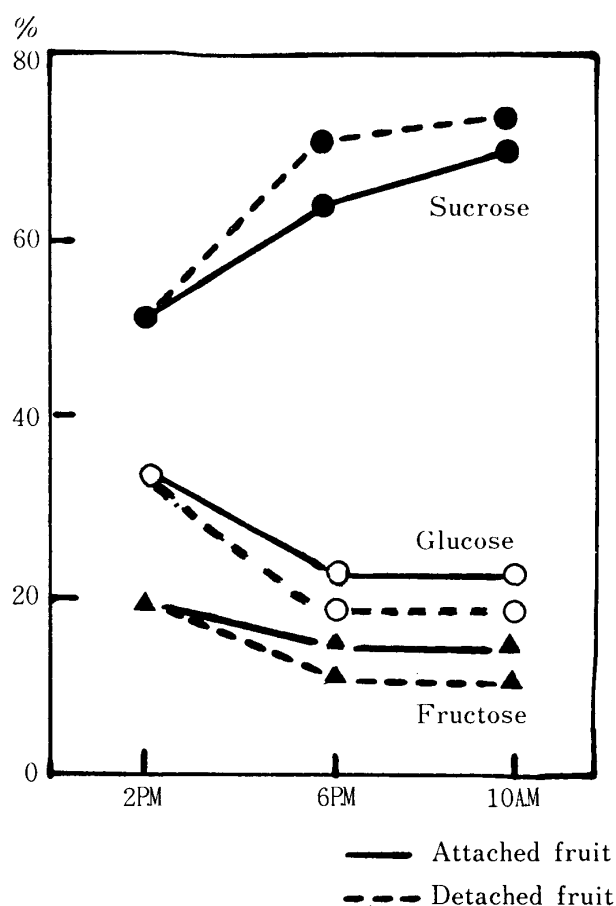


Fig. 2. Changes in percentage of radioactive sugars in fruits of stage II.

Table 3. Distribution of labelled ^{14}C -organic acids in the fruit after assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ to the fruit among three stages of development fruit. ($\times 10^3$ c.p.m)

| | Stage I | | Stage II | | Stage III | |
|------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances |
| 2 P.M. Attached fruit | 78 | 30% | 593 | 29% | 230 | 8.4% |
| 6 P.M. Attached fruit | 117 | 28 | 306 | 24 | 104 | 6.5 |
| 6 P.M. Detached fruit | 251 | 20 | 421 | 26 | 107 | 7.5 |
| 10 A.M. Attached fruit | 104 | 26 | 342 | 18 | 142 | 4.4 |
| 10 A.M. Detached fruit | 814 | 25 | 312 | 15 | 94 | 3.2 |

Table 4. Distribution of labelled ^{14}C -amino acids in the fruit after assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ to the fruit among three stages of development fruit. ($\times 10^3$ c.p.m)

| | Stage I | | Stage II | | Stage III | |
|------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances | One fruit | Ratio of alcohol soluble substances |
| 2 P.M. Attached fruit | 22 | 9% | 135 | 7% | 274 | 9.6% |
| 6 P.M. Attached fruit | 30 | 7 | 53 | 4 | 15 | 0.5 |
| 6 P.M. Detached fruit | 89 | 7 | 86 | 5 | 13 | 0.9 |
| 10 A.M. Attached fruit | 31 | 8 | 60 | 3 | 19 | 0.6 |
| 10 A.M. Detached fruit | 244 | 7 | 89 | 4 | 25 | 0.8 |

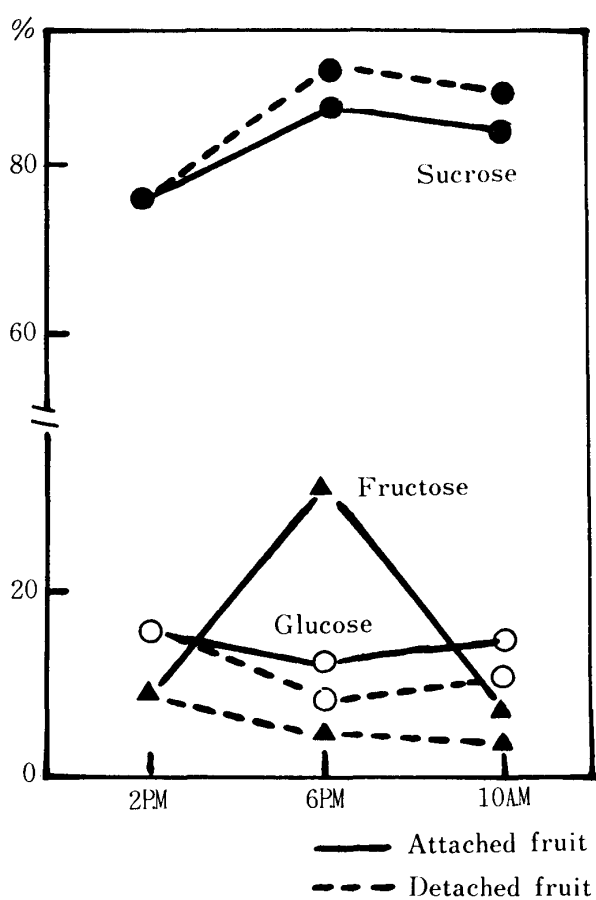


Fig. 3. Changes in percentage of radioactive sugars in fruits of stage III.

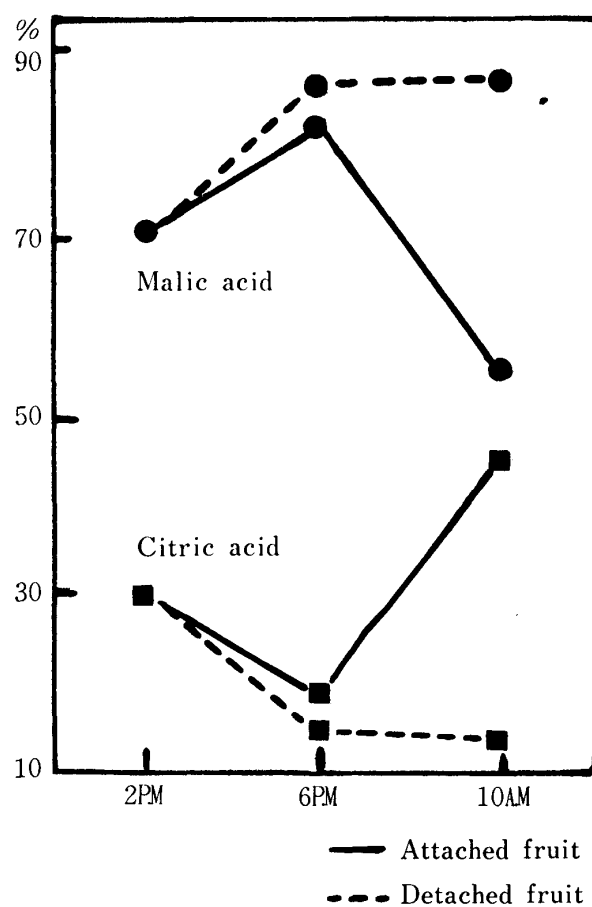


Fig. 4. Changes in percentage of radioactive organic acids in fruits of stage I.

表に示した。すなわち、各時期とも果実着生の有無にかかわらず、糖区分に最も多くラベルされており、ついで有機酸およびアミノ酸の順であった。とくに、この傾向は果実の発育が進むにつれて顕著になった。生育第3期になるとアルコール可溶性区分を100とした場合、糖89~96%を占めるに至った。

また各種の糖への分配比についてみると、第1図、第2図および第3図に示した。すなわち生育後期になるにしたがって、果実着生の有無にかかわらず、シュクロースの割合が漸次増加し、70~90%を占めるに至った。これに対してグルコースとフルクトースは漸次減少し、モモ果実の季節的な糖の変化と全く一致した。また枝から果実を取ると、着生果に比較して、とくに生育第1期ではシュクロースにラベルされる割合が著しく高くなり、この傾向は生育第2期および3期でもみられた。他方有機酸への分配比は、第4図、第5図および第6図に示した。すなわち生育初期では、リンゴ酸に最も多くラベルされており、クエン酸は、いずれの時期でもリンゴ酸より少なく、後期になるとやや増加した。

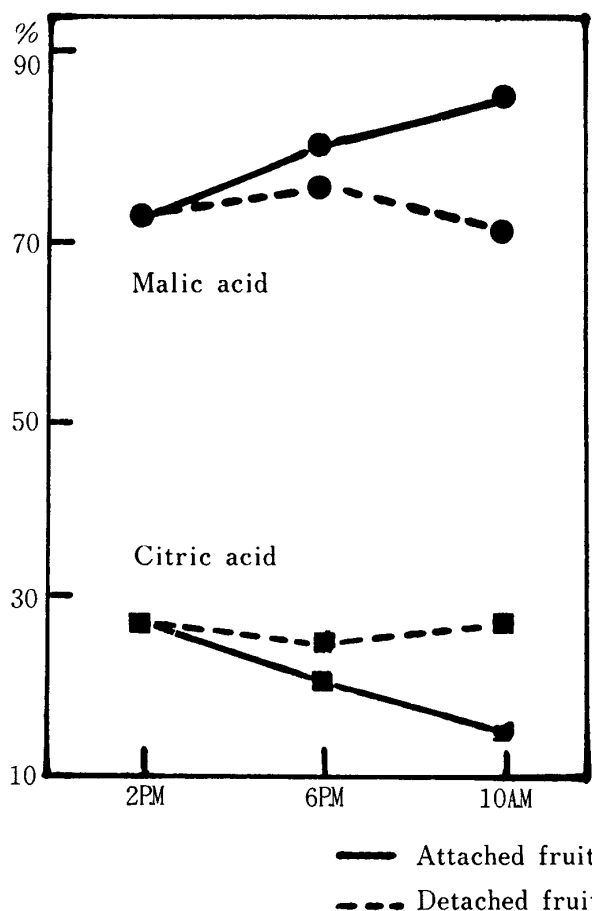


Fig. 5. Changes in percentage of radioactive organic acids in fruit of stage II.

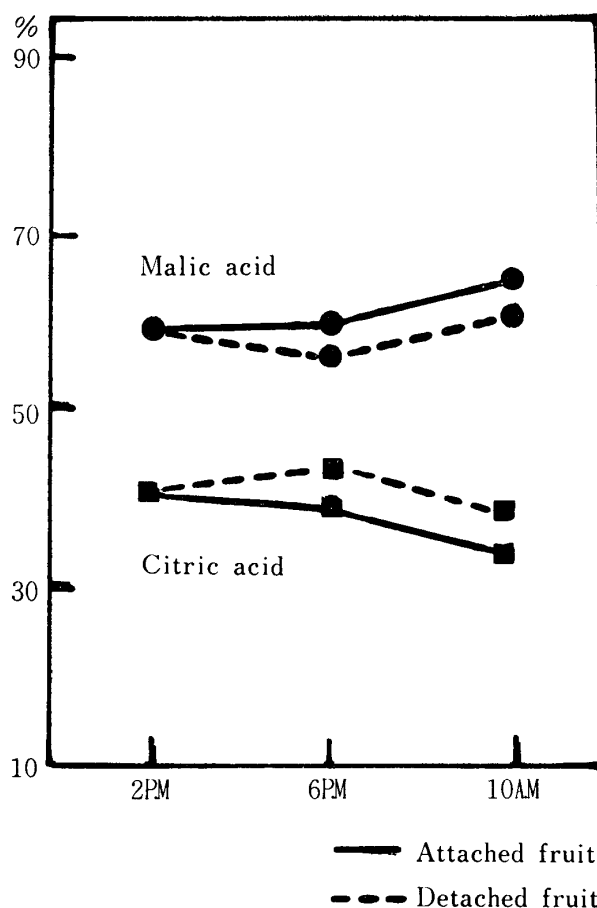


Fig. 6. Changes in percentage of radioactive organic acids in fruits of stage III.

考 察

果実の光合成については、Bean³⁾ ら (1960) はオレンジで、Phan¹⁰⁾ (1980) はリンゴで光合成能力そのものを調査しているが、非常に少なく、齊藤⁹⁾ ら (1968) は酒石酸の生合成系を調べるためブドウ果粒の光合成を調べているが、生育過程における果実自身の光合成を調査したものは、ほとんど見られない。

本実験では、モモ果実の発育に伴う糖および有機酸の変化が、基本的には果実自身の代謝反応に依存するかどうかを調べるために、果実に光合成をさせたところ、発育に伴う果実自身の同化物質の変化は、生育時期により異なり、転流物質の果実内変化とはほぼ同様の傾向が認められた。このことから、やはり果実そのものの生育に伴う生理作用の相違が、果実中の糖および有機酸含量の消長に大きく影響を及ぼしていると考えられる。

とくに果実自身光合成させた場合、既に生育第2期でシュクロースが増加して、グルコースおよびフルクトースが減少する傾向を示したことから、シュクロース蓄積への内的変化は、既に第2期に生じているもの

と考えられ、果実の糖および有機酸の季節的な変化の著者⁸⁾らの報告と比較して興味ある点であった。また採取果はいずれの時期でもシュクローズが増加するが、これは切除操作が合成能力そのものを減少させるのか、あるいは分解速度を増加させるのかは不詳であるが、採取が果実の生理的代謝に直接影響を与えた結果によるものと推察され、果実を取って4時間も経過すると、果実内に相当の生理変化が起こるものと考えられる。

このように生育に伴う果実の生理作用の相違が、果実の代謝反応に重要な役割を演じていることが考えられるが、実際 Hale⁴⁾ (1962) はブドウの果粒は有機酸合成の重要な部位を占めていることを確かめており、生育中期以後の酸の減少に関しては、果実中のリンゴ酸酵素が活発になり、リンゴ酸が脱炭酸されて消費されることを指摘し、リンゴで Hulme⁷⁾ (1963)、ブドウで Hawker⁶⁾ とも同様なことを認めている。

糖の蓄積に関しては、Atkinson²⁾ ら (1965) のいわゆる酵素レベルでの制御機構、すなわち解糖系や TCA 回路は、ATP のレベルによってフィードバックあるいはアロステリックな影響によって調節されるとしており、果実の場合も Allentoff¹⁾ (1954) によって TCA サイクルの存在が確認されている。クエン酸が蓄えられると解糖系のホスホフルクトキナーゼの活性が強く

阻害され、糖が集積するという理論が果実にも当てはまるのかどうか、検討する必要があるが、果実の場合は液胞内での変化が問題であると考えられる。また Hansen⁵⁾ (1970) がリンゴで指摘しているように、果実そのものの光合成は葉に比較して非常に少ないが、果実発育の生理とくに糖および有機酸の蓄積を調べるに当たって、今後重要なヒントが得られるように考えられる。

引用文献

- 1) Allentoff, N. (1954). *J. Sci. Food. Agr.*, 5: 234-238.
- 2) Atkinson, D. E. (1965). *Science*, 150: 851-857.
- 3) Bean, R. G., and Todd, G. W. (1960). *Plant Physiol.*, 35: 425-429.
- 4) Hale, C. R. (1962). *Nature*, 195: 918.
- 5) Hansen, P. (1970). *Physiol. Plant.*, 23: 805-810.
- 6) Hawker, J. S. (1969). *Phytochem.* 8: 19-23.
- 7) Hulme, A. C., Jones, T. D., and Woollorton, L. S. C. (1963). *Proc. Roy. Soc. B158*: 514-535.
- 8) Ishida, M., A. Inaba., and Y. Sobajima. (1971) Kyoto, Pref. Univ. Agr. 23: 18-23.
- 9) Saito, K., and Kasai, Z. (1968). *Plant and Cell Physiol.*, 9: 529-537.
- 10) Phan, C. T. (1970). *Plant and Cell Physiol.*, 11: 823-825.

Summary

This experiment was carried out to get better understanding with changes in the concentration of sugars and organic acids in peach fruits.

Young developing fruit contains many chlorophylls and it can usually assimilate CO₂ in light.

By applying ¹⁴CO₂ to developmental fruit, distribution of photosynthates within development fruit was determined in relation to different stages of development fruit.

The alcohol soluble photosynthates in fruit consisted of more than 60% sugars with organic acids and amino

acids among three stages of developmental fruit.

The rate of labelling sucrose in fruit was quite different according to development stage and was greater in stage III.

It may be concluded that quantitatively the production deriving from direct photosynthesis in the fruit during the development stages included in the present study is of little importance compared to the supply of assimilates from the leaves. However, the possibility that substances formed directly in the fruit may have specific functions of a more qualitative kind.